第42卷 第4期
2022年8月
桂林电子科技大学学报
Journal of Guilin University of Electronic Technology
Vol. 42,No. 4
Aug. 2022

$NiTiO_3$ 掺杂 $LiAlH_4$ 放氢性能研究

岑文龙,魏 胜,程日光,徐 芬,孙立贤

(桂林电子科技大学 材料科学与工程学院,广西 桂林 541004)

摘 要:针对 $LiAlH_4$ 作为储氢材料在放氢过程中存在放氢温度过高、放氢动力学缓慢的问题,提出了制备 $NiTiO_3$ 并利用机械球磨方式将其掺杂到 $LiAlH_4$ 的改性方法。通过升温放氢实验和等温放氢实验,研究 $NiTiO_3$ 的掺杂对 $LiAlH_4$ 放氢性能的影响,结果表明,掺杂 $w(NiTiO_3)=6\%$ $LiAlH_4$ 的起始放氢温度降至 73 ℃,比纯 $LiAlH_4$ 降低了 120 ℃;在 180 ℃等温放氢测试中,掺杂 $w(NiTiO_3)=6\%$ $LiAlH_4$ 在 60 min 能放出 $w(H_2)=4.70\%$,纯 $LiAlH_4$ 在同条件下基本不放氢。活化能测试结果表明,掺杂 $w(NiTiO_3)=6\%$ $LiAlH_4$ 的前两步放氢活化能分别降至 71.56、122.49 kJ/mol,验证了放氢动力学性能提升的结果。通过 XRD 分析认为球磨过程破坏了 $NiTiO_3$ 的稳定性,使 $NiTiO_3$ 发生了非晶化转变,而非晶态的 $NiTiO_3$ 可以为 $LiAlH_4$ 放氢反应提供活性位点和增加 H 的扩散通道。实验结果表明,掺杂 $NiTiO_3$ 的改性方法有效改善了 $LiAlH_4$ 的放氢性能。

关键词:氢能;储氢;$LiAlH_4$;掺杂;催化

中图分类号:TB34 **文献标志码**:A **文章编号**:1673-808X(2022)04-0274-05

Study on dehydrogenation properties of $LiAlH_4$ by doping $NiTiO_3$

CEN Wenlong, WEI Sheng, CHENG Riguang, XU Fen, SUN Lixian

(School of Materials Science and Engineering, Guilin University of Electronic Science and Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: Aim at the problem of $LiAlH_4$ exist excessive hydrogen release temperature and slow hydrogen release kinetics as hydrogen storage material, a modification method that preparing $NiTiO_3$ and doping it into $LiAlH_4$ through mechanical ball milling was proposed. The effect of $NiTiO_3$ on dehydrogenation properties of $LiAlH_4$ were studied by temperature programmed desorption and isothermal desorption experiments, and the results show that the initial hydrogen release temperature of the $LiAlH_4$ doped with $w(NiTiO_3)=6\%$ decreases to 73 ℃, reduced by 120 ℃ compared to pristine $LiAlH_4$; in isothermal hydrogen release test, the $LiAlH_4$ of doping 6 wt% $NiTiO_3$ at 180 ℃ can release $w(H_2)=4.70\%$ in 60 min, pristine $LiAlH_4$ hardly release hydrogen under the same conditions. The results show activation energy of dehydrogenation of $w(NiTiO_3)=6\%$ $LiAlH_4$ decreases to 71.56 kJ/mol for the first step and 122.49 kJ/mol for the second step, indicating for improving the kinetic performance of hydrogen release. Through XRD analysis, ball milling process destroy stability of $NiTiO_3$ and make it amorphization, while amorphous $NiTiO_3$ can provide active sites and increase hydrogen diffusion channels for dehydrogenation reaction of $LiAlH_4$. The experimental results show that the modification method doping $NiTiO_3$ effectively improve dehydrogenation properties of $LiAlH_4$.

Key words: hydrogen energy; hydrogen storage; $LiAlH_4$; doping; catalysis

氢能具有原料来源丰富、能量密度高、燃烧产物环境友好、可再生等优点,被认为是未来替代传统化石能源的最佳选择之一[1-2]。目前氢能的储运环节是制约氢能大规模应用的关键环节之一,其中,如何将氢能安全高效作为车载能量存储载体是目前最具挑战性和商业价值的研究课题。传统的高压液态和气态储氢效率低、生产耗能高、使用安全性低,制约着车载储氢商业化使用。

固态储氢技术作为一种安全、高效的储氢方式,被认为是未来最有可能被大规模使用的一种储氢方

收稿日期:2021-03-30
基金项目:国家十三五重点专项(2018YFB1502103YFB1502105);国家自然科学基金(51871065,51971068,U20A20237)
通信作者:孙立贤(1962-),男,教授,博士,研究方向为新能源(储氢、制氢、相变储能)材料、传感器、燃料电池。E-mail:sunlx@guet.edu.cn
引文格式:岑文龙,魏胜,程日光,等. NiTiO3 掺杂 LiAlH4 放氢性能研究[J]. 桂林电子科技大学学报,2022,42(4):274-278.

式[3]。氢化铝锂（化学式为 $LiAlH_4$）具有 w（$LiAlH_4$）=10.6%的理论储氢容量，被认为是最具潜力的固态储氢材料之一[4]。但放氢温度过高、放氢动力学缓慢、可逆性差等特点制约着它的使用，特别是作为车载能量存储载体的使用。研究人员通过纳米化[5-6]、多相复合[7-8]、限域[9-10]和催化掺杂[11-15]等方式改善 $LiAlH_4$ 的储氢性能。近年来，双金属盐被发现可以有效改善 $LiAlH_4$ 的储氢性能。Sulaiman 等[16]将 $SrFe_{12}O_{19}$ 掺杂到 $LiAlH_4$ 中发现体系的起始放氢温度降至 80 ℃，比纯 $LiAlH_4$ 的降低了 60 ℃，放氢速率也得到提升。随后 Sazelee 等[17-18]还发现 $LaFeO_3$、$SrTiO_3$ 也可以改善 $LiAlH_4$ 的放氢性能，其中 $SrTiO_3$ 掺杂 $LiAlH_4$ 后体系起始放氢温度降至 80 ℃，在 90 ℃下 20 min 可放出 $w(H_2)$=3.0%。

基于上述报道中双金属盐可以有效改善 $LiAlH_4$ 的放氢性能，提出将双金属盐 $NiTiO_3$ 用于掺杂改善 $LiAlH_4$ 放氢性能的研究。

1　实验过程

1.1　$NiTiO_3$ 的制备

将钛酸丁酯和硝酸镍按摩尔比 1∶1加入适量乙二醇中，对所得溶液进行磁力搅拌，溶液出现浅蓝色沉淀后继续搅拌 1 h，确保反应完全；用乙醇清洗、过滤，得到沉淀；将所得沉淀在 60 ℃真空下干燥后，在 600 ℃煅烧 1 h，得到 $NiTiO_3$。

1.2　$wNiTiO_3=x\%$ $LiAlH_4$ 的制备

在手套箱中，用电子天平分别称取球磨样品质量分数分别为 0、2%、4%、6%、8%的 $NiTiO_3$，随后和 $LiAlH_4$ 进行球磨，球磨转速为 450 r/min，每球磨 10 min 后停机 5 min，球磨 3 次，得到 $w(NiTiO_3)=x\%$ 的 LiAlH4 复合材料。

1.3　放氢性能、活化能测试

在手套箱中，将适量球磨好的复合材料装进 PCT 样品管，取出后装到 PCT 仪器中，然后试样抽真空，以 2 ℃/min 的升温速率升到 300 ℃；等温放氢实验则用仪器内部加热装置迅速升到指定温度进行保温；活化能测试则先在手套箱中在铝坩埚装入 3～5 mg 样品，从手套箱取出后装入 DSC 仪器，分别按 9、12、15、20 ℃/min 的升温速率升到 400 ℃。

2　实验结果与分析

将制备得到的 $NiTiO_3$ 进行 XRD 分析，结果如图 1 所示。所制备材料在 24.13°、33.09°、35.66°、40.85°、49.45°、54.02°、57.46°、62.45°、64.07°、71.74°、75.15°、84.97°、88.57°出现了衍射峰，分别与 $NiTiO_3$ 的标准卡片 33-0960 中（0 1 2）、（1 0 4）、（1 1 0）、（1 1 3）、（0 2 4）、（1 1 6）、（0 1 8）、（2 1 4）、（3 0 0）、（1 0 10）、（2 1 7）、（1 3 4）、（2 2 6）晶面的衍射峰相符，表明成功制备了 $NiTiO_3$。

图 1　$NiTiO_3$ XRD 结果

图 2(a)为 $LiAlH_4$ 及不同含量 $NiTiO_3$ 掺杂 $LiAlH_4$ 的程序升温脱氢结果。纯 $LiAlH_4$ 在升温到 193 ℃开始放氢，升温到 300 ℃能放出 $w(H_2)$=7.19%，而纯 $LiAlH_4$ 经球磨后起始放氢温度降至 153 ℃，表明球磨过程有助于降低 $LiAlH_4$ 的放氢温度。当质量分数分别为 2%、4%、6%、8%的 $NiTiO_3$ 掺杂 $LiAlH_4$ 后，起始放氢温度分别降至 102、80、73、98 ℃，升温到 300 ℃都放出接近 $w(H_2)$=7.0% ，说明 $NiTiO_3$ 能有效改善 $LiAlH_4$ 的放氢性能，且改善效果随掺杂量的增加先增后减。可能的原因是 $NiTiO_3$ 掺杂量到一定程度后在球磨过程过于活泼，导致局部的 $LiAlH_4$ 反应放出热量，使 $LiAlH_4$ 出现团聚、长大，以至于在随后的程序升温放氢性能下降。从图 2(b)所示的等温放氢结果可发现，纯 $LiAlH_4$ 在 180 ℃、60 min 仅放出 $w(H_2)$=0.43%，而掺杂 $w(NiTiO_3)$=6%的 $LiAlH_4$，同温度下 30 min 可以放出 $w(H_2)$=4.50%，60 min 放出 $w(H_2)$=4.70%，甚至在 90 ℃、60 min 能够放出 $w(H_2)$=1.37%，表明 $NiTiO_3$ 掺杂后有效提高了 $LiAlH_4$ 的放氢速度。表 1 为近年来双金属盐掺杂 $LiAlH_4$ 放氢性能的研究结果。

为进一步分析 $NiTiO_3$ 对 $LiAlH_4$ 放氢性能影响，对 $w(NiTiO_3)$=6% 的 $LiAlH_4$ 体系进行了 DSC 测试。如图 3(a)所示，$w(NiTiO_3)$=6%的 $LiAlH_4$

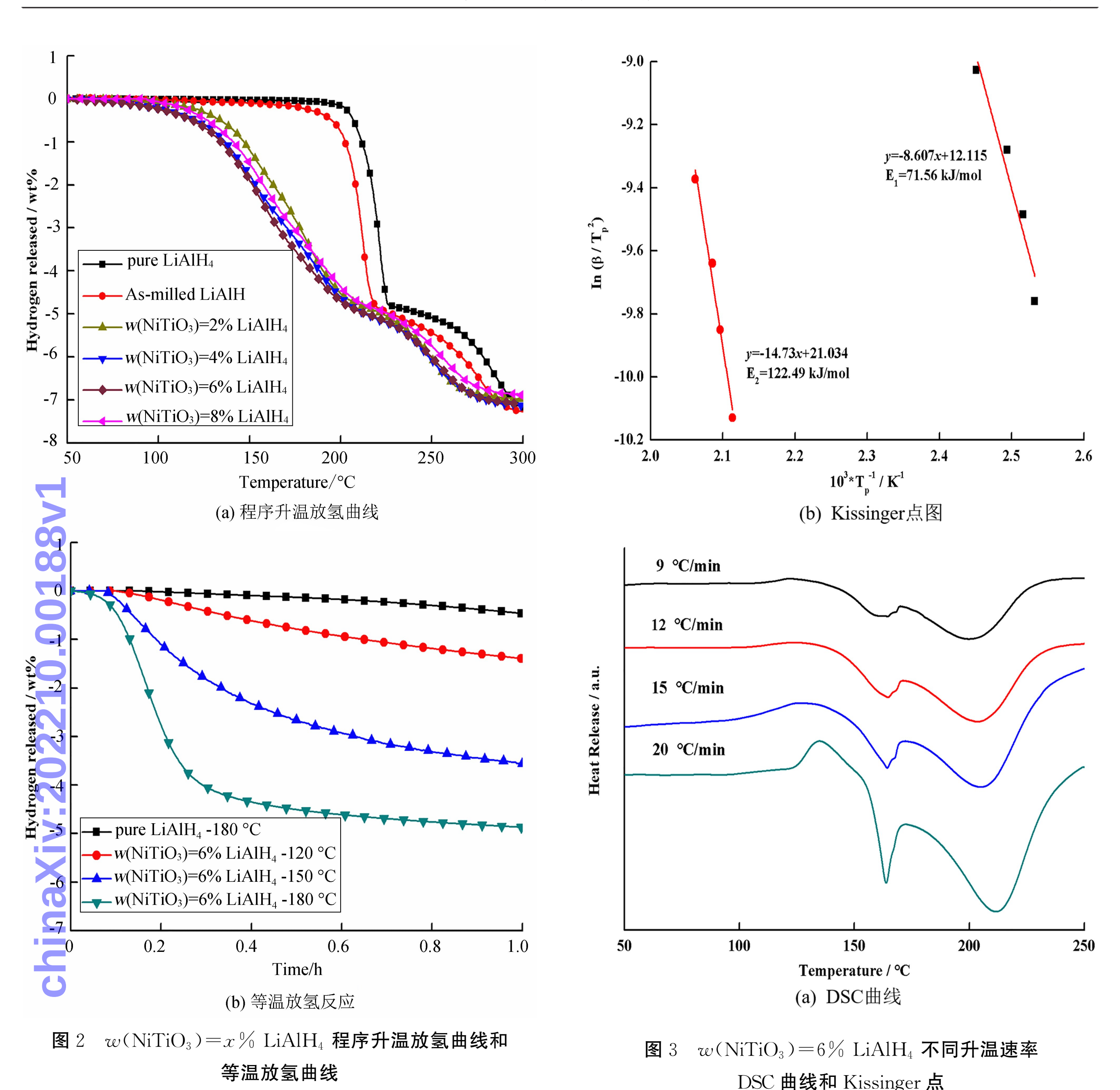


图 2　$w(NiTiO_3)=x\%$ $LiAlH_4$ 程序升温放氢曲线和等温放氢曲线

图 3　$w(NiTiO_3)=6\%$ $LiAlH_4$ 不同升温速率 DSC 曲线和 Kissinger 点

表 1　近年双金属盐掺杂 $LiAlH_4$ 放氢研究

掺杂剂	起始放氢温度/℃	最终放氢温度/℃	放氢量/wt%	等温放氢性能	来源
$SrTiO_3$	80	250	6.5	90 ℃、20 min 放 $w(H_2)=3\%$	文献[18]
$LaFeO_3$	103	250	6.4	90 ℃、150 min 放 $w(H_2)=3.9\%$	文献[17]
$SrFe_{12}O_{19}$	80	250	6.75	130 ℃、20 min 放 $w(H_2)=5.54\%$	文献[16]
$CoFe_2O_4$	65	250	7.2	120 ℃、180 min 放 $w(H_2)=6.8\%$	文献[11]
$NiCo_2O_4$	—	250	—	130 ℃、150 min 放 $w(H_2)=4.95\%$	文献[19]
$NiFe_2O_4$	61	250	7.2	120 ℃、91 min 放 $w(H_2)=7.0\%$	文献[20]
$MnFe_2O_4$	62	250	7.45	90 ℃、70 min 放 $w(H_2)=4.7\%$	文献[21]
$NiTiO_3$	73	300	7.12	180 ℃、60 min 放 $w(H_2)=4.7\%$	本研究

的 DSC 出现了 3 个放/吸热峰，第一个放热峰为 $LiAlH_4$ 的第一步放氢反应放热的结果，第一个吸热峰为 $LiAlH_4$ 熔化过程吸热的结果，第二个吸热峰为 Li_3AlH_6 分解反应吸热的结果。与文献[14]的纯 Li-

AlH_4 的 DSC 曲线 4 个放/吸热峰相比，掺杂 $NiTiO_3$ 后 $LiAlH_4$ 与表面羟基相互作用的放热峰消失了，可能的原因是 $NiTiO_3$ 与 $LiAlH_4$ 在球磨过程消耗了 $LiAlH_4$ 表面的羟基。图 3(b)是基于 Kissinger 方程算出的活化能，可以看到 $w(NiTiO_3)=6\%$ 的 $LiAlH_4$ 体系的前两步放氢活化能分别为 71.56、122.49 kJ/mol，比文献[14]分别降低了 49.59、39.51 kJ/mol，放氢活化能的下降说明 $NiTiO_3$ 确实促进了 $LiAlH_4$ 放氢速率的提升。

通过对放氢前后进行 XRD 测试进一步分析了 $NiTiO_3$ 对 $LiAlH_4$ 的影响，如图 4(a)所示。纯 $LiAlH_4$ 的 XRD 衍射峰较强，但经球磨处理后的衍射峰强度明显减弱，可能的原因是球磨过程在一定程度上破坏了 $LiAlH_4$ 的晶体结构，造成了一定的缺陷，这也解释了 $LiAlH_4$ 在球磨后放氢性能得到提升的现象。而随着 $NiTiO_3$ 加入 $LiAlH_4$ 一起球磨，$LiAlH_4$ 的 XRD 衍射峰强度进一步减弱，但并未出现新的衍射峰，说明 $NiTiO_3$ 的加入在球磨过程中对 $LiAlH_4$ 的晶体结构影响不大，$LiAlH_4$ 能保持其原有结构，而图中并未检测到 $NiTiO_3$ 的衍射特征峰，可能是球磨过程破坏了 $NiTiO_3$ 的稳定性，使其发生了非晶化转变。图 4(b)为 $w(NiTiO_3)=6\%$ $LiAlH_4$ 体系在程序升温到不同温度放氢后的 XRD 测试结果。在 90 ℃放氢后，$LiAlH_4$ 的衍射特征峰强度有所减弱，但并未出现 Li_3AlH_6 等放氢产物的特征峰，可能的原因是放氢刚开始不久，放氢产物较少，达不到 XRD 仪器的检测限；在 150 ℃放氢后，$LiAlH_4$ 的衍射特征峰强度近一步减弱，并出现了 Li_3AlH_6 和 Al 的特征峰，说明 $LiAlH_4$ 发生了第一步放氢反应，生成了 Li_3AlH_6、Al 和 H_2；而在 200 ℃放氢后，$LiAlH_4$ 的衍射特征峰消失，Al 的特征峰增强，说明 $LiAlH_4$ 第一步放氢反应结束，与图 2(a)中 $w(NiTiO_3)=6\%$ $LiAlH_4$ 程序升温放氢曲线相符；在 250 ℃放氢后，Li_3AlH_6 的衍射特征峰基本消失，说明 Li_3AlH_6 放氢也快结束，但图中未出现 Li_3AlH_6 放氢产物 LiH 的特征峰，可能的原因是 LiH 的特征峰位置与 Al 的一样，二者的特征峰重合了。此外，整个过程并未检测到 $NiTiO_3$ 或其它物相的特征峰，因此认为 $NiTiO_3$ 在放氢过程中以非晶态存在，非晶态的 $NiTiO_3$ 可以为 $LiAlH_4$ 放氢反应提供活性位点和增加 H 的扩散通道，从而改善 $LiAlH_4$ 的放氢性能[14]。

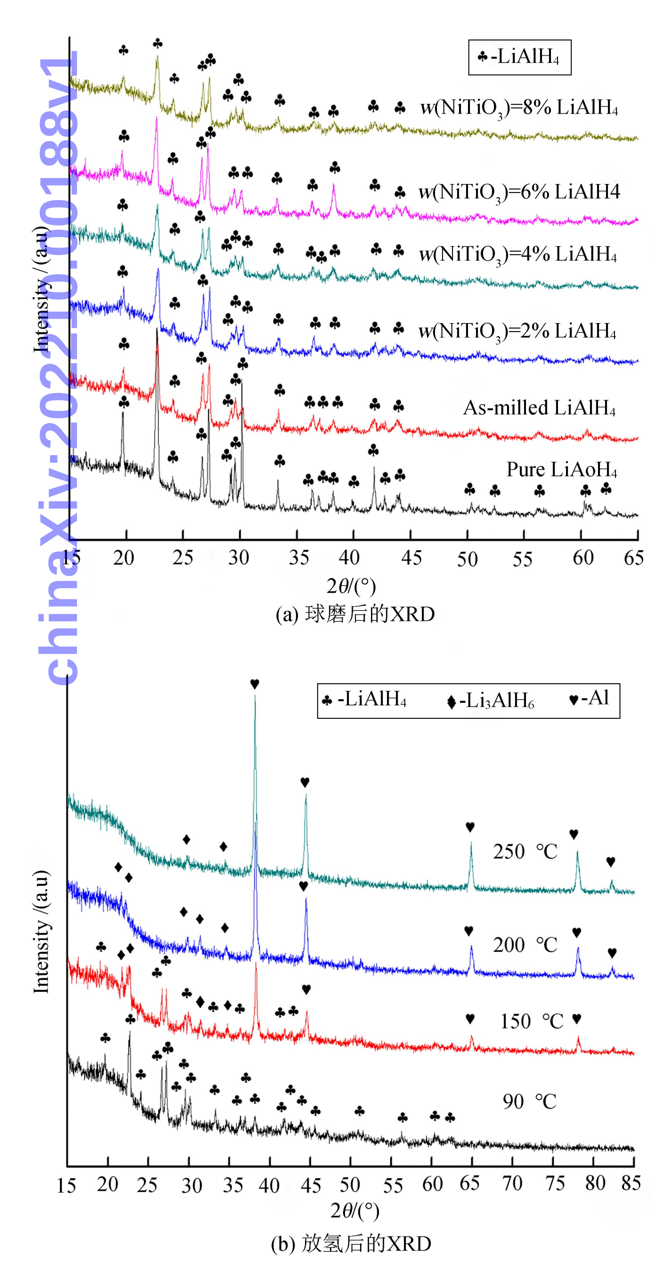


图 4　$w(NiTiO_3)=x\%$ $LiAlH_4$ 球磨后 XRD 及 $w(NiTiO_3)=6\%$ $LiAlH_4$ 不同温度放氢后 XRD

3　结束语

双金属盐 $NiTiO_3$ 有效改善了 $LiAlH_4$ 的放氢性能，结果如下：

1）添加质量分数分别为 2%、4%、6%、8%的 $NiTiO_3$ 都可以改善 $LiAlH_4$ 的放氢性能，特别是大大降低了 $LiAlH_4$ 的起始放氢温度，其中，掺杂的 $w(NiTiO_3)=6\%$后 $LiAlH_4$ 的起始放氢温度降至 73 ℃，比纯 $LiAlH_4$ 的降低了 120 ℃；

2）$NiTiO_3$ 的加入加快了 $LiAlH_4$ 的放氢速度，$w(NiTiO_3)=6\%$ $LiAlH_4$ 体系在 180 ℃下 60 min 就能放出 $w(H_2)=4.70\%$，而纯 $LiAlH_4$ 在 180 ℃下 60 min 才放出 $w(H_2)=0.43\%$，$NiTiO_3$ 有效改善了 $LiAlH_4$ 的放氢动力学性能；

3）$w(NiTiO_3)=6\%$ $LiAlH_4$ 体系的前两步放氢活化能分别为为 71.56、122.49 kJ/mol，比文献报道

的纯 $LiAlH_4$ 的降低了 49.59、39.51 kJ/mol，放氢活化能的降低也说明 $NiTiO_3$ 加速了 $LiAlH_4$ 的放氢。

本工作为双金属盐 $NiTiO_3$ 掺杂改善其它配位氢化物的研究提供借鉴，对氢能产业化具有重要意义。

参考文献：

[1] WANG Zhuo, LIU Jin, LI Zhen, et al. Crosslinking modification of a porous metal-organic framework (UIO-66) and hydrogen storage properties[J]. New Journal of Chemistry, 2020, 44(26): 11164-11171.

[2] 时念雷，苏泉榕，王仲民，等. 熔炼掺杂对 AB_5 型贮氢合金的结构和性能影响[J]. 桂林电子科技大学学报，2011, 31(5): 426-430.

[3] 陈沛荣. 碳基过渡金属复合材料制备及其催化 $LiAlH_4$ 放氢性能研究[D]. 桂林：桂林电子科技大学，2019: 3.

[4] CHENG Hao, ZHENG Jiaguang, XIAO Xuezhang, et al. Ultra-fast dehydrogenation behavior at low temperature of $LiAlH_4$ modified by fluorographite[J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2020, 45(52): 28123-28133.

[5] 孙泰，黄存可，董汉武，等. 球磨处理对 $LiAlH_4$ 放氢动力学的影响[J]. 西安交通大学学报，2008(2): 256-260.

[6] LIU Shusheng, SUN Lixian, ZHANG Yao, et al. Effect of ball milling time on the hydrogen storage properties of TiF_3-doped $LiAlH_4$[J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2009, 34(19): 8079-8085.

[7] ZHANG Yao, TIAN Qifeng, LIU Shusheng, et al. The destabilization mechanism and de/re-hydrogenation kinetics of MgH_2-$LiAlH_4$ hydrogen storage system[J]. Journal of Power Sources, 2008, 185(2): 1514-1518.

[8] MAO Jianfeng, GUO Zaiping, YU Xuebin, et al. Enhanced hydrogen storage performance of $LiAlH_4$-MgH_2-TiF_3 composite[J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2011, 36(9): 5369-5374.

[9] WANG Lei, RAWAL A, QUADIR M Z, et al. Nanoconfined lithium aluminium hydride ($LiAlH_4$) and hydrogen reversibility[J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2017, 42(20): 14144-14153.

[10] ZHOU He, WANG Xinhua, LIU Haizhen, et al. Enhanced hydrogen storage properties of $2LiBH_4$-$LiAlH_4$ nanoconfined in resorcinol formaldehyde carbon aerogel [J]. Journal of Alloys and Compounds, 2017, 726: 525-531.

[11] LI Ziliang, ZHAI Fuqiang, WAN Qi, et al. Enhanced hydrogen storage properties of $LiAlH_4$ catalyzed by $CoFe_2O_4$ nanop-articles[J]. RSC Advances, 2014, 4: 18989-18997.

[12] ZANG Lei, CAI Jiaxing, ZHAO Lipeng, et al. Improved hydrogen storage properties of $LiAlH_4$ by mechanical milling with TiF_3[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2015, 647: 756-762.

[13] CAO Zhijie, MA Xiaobo, WANG Hailong, et al. Catalytic effect of $ScCl_3$ on the dehydrogenation properties of $LiAlH_4$[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2018, 762: 73-79.

[14] ZANG Lei, LIU Song, GUO Huinan, et al. In situ synthesis of 3D flower-like nanocrystalline Ni/C and its effect on hydrogen storage properties of $LiAlH_4$[J]. Chemistry An Asian Journal, 2017, 13(3): 350-357.

[15] ZHANG Tengfei, ISOBE S, WANG Yongming, et al. Enhanced hydrogen desorption properties of $LiAlH_4$ by doping lithium metatitanate[J]. Physical Chemistry Chemical Physics, 2016, 18(39): 27623-27629.

[16] SULAIMAN N N, ISMAIL M. Catalytic effect of $SrFe_{12}O_{19}$ on the hydrogen storage properties of $LiAlH_4$ [J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2017, 42(30): 19126-19134.

[17] SAZELEE N A, YAHYA M S, IDRIS N H, et al. Desorption properties of $LiAlH_4$ doped with $LaFeO_3$ catalyst[J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2019, 44(23): 11953-11960.

[18] ISMAIL M, SAZELEE N A, ALA N A, et al. Catalytic effect of $SrTiO_3$ on the dehydrogenation properties of $LiAlH_4$[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2021, 855: 157475.

[19] LI Li, AN Cuihua, WANG Ying, et al. Enhancement of the H_2 desorption properties of $LiAlH_4$ doping with $NiCo_2O_4$ nanorods[J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2014, 39(9): 4414-4420.

[20] LI Ping, LI Ziliang, ZHAI Fuqiang, et al. $NiFe_2O_4$ nanoparticles catalytic effects of improving $LiAlH_4$ dehydrogenation properties[J]. Journal of Physical Chemistry C, 2013, 117(49): 25917-25925.

[21] ZHAI Fuqiang, LI Ping, SUN Aizhi, et al. Significantly Improved Dehydrogenation of $LiAlH_4$ Destabilized by $MnFe_2O_4$ Nanoparticles[J]. Journal of Physical Chemistry C, 2012, 116(22): 11939-11945.

实习编辑：高波

第42卷 第4期
2022年8月

桂林电子科技大学学报
Journal of Guilin University of Electronic Technology

Vol. 42, No. 4
Aug. 2022

基于离电压力传感机理的功能橡胶材料的制备与表征

王梅岚[1,2]，李　森[2]，常　煜[2]，曾若生[1]

（1. 桂林电子科技大学 材料科学与工程学院，广西 桂林　541004；
2. 中国科学院深圳先进技术研究院 仿生触觉与智能传感研究中心，广东 深圳　518055）

摘　要：为了使硅胶材料在柔性传感器中不仅仅作为电介质或基底材料，而且利用有效方法使其具有离电压力传感特性而在柔性传感中发挥更大的作用，通过对聚二甲基硅氧烷（PDMS）进行改性，在PDMS中加入有机电解液，并掺杂二氧化硅，使其具有离电压力传感特性，观察材料的微观形貌。通过对有机电解液含量、表面粗糙度的比较，对材料的力学性能和电学性能进行了研究。实验最终制备出PDMS、有机电解液、二氧化硅质量比为2∶1∶0.3，相应杨氏模量为1.1 MPa，对应压力传感器灵敏度为1.46 nF/(kPa·cm^2)的离子橡胶功能材料。

关键词：离电式传感；聚二甲基硅氧烷；有机电解液；浇筑；柔性传感

中图分类号：TB34；TQ34　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1673-808X(2022)04-0279-05

Preparation and characterization of functional rubber materials based on the iontronic pressure sensing mechanism

WANG Meilan[1,2], LI Sen[2], CHANG Yu[2], ZENG Ruosheng[1]

(1. School of Material Science and Engineering, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China;
2. Bionic Sensing and Intelligence Center, Shenzhen Institutes of Advanced Technology
Chinese Academy of Science, Shenzhen 518055, China)

Abstract: In order to make the silicone material not only as a dielectric or substrate material in the flexible sensor, effective methods were used to make it play a greater role in flexible sensing by having iontronic pressure sensing characteristics. By modifying polydimethylsiloxane (PDMS), organic electrolyte was added to PDMS and doped with silica to obtain iontronic pressure sensing characteristics, and the microscopic morphology of the material was observed. The mechanical and electrical properties of the material were investigated by comparing the organic electrolyte content and surface roughness. Finally, the ionic rubber consisting of PDMS, organic electrolyte, and silicon dioxide (the mass ratio is 2∶1∶0.3) possesses good mechanical property with the Young′s modulus of 1.1 MPa, and high sensitivity up to 1.46 nF/(kPa·cm^2).

Key words: iontronic sensing; PDMS; organic electrolyte; pouring; flexible Sensing

离电传感是建立在离子与电极界面间双电层（EDL）的形成和接触面积变化上的一种传感方式，一般利用液体电解质的固有离子特性来建立界面离子双电层（EDL）[1]。为了实现传感装置的机械稳定性，大多使用如离子凝胶和其他高分子化合物等柔性物质形式[2-9]。这些柔性物质材料大多可被设计成类似于某些固体的物理特性，以简化制造工艺，提高机械稳定性，在保持材料离子特性的同时，液体与电极直接接触形成EDL[10]。

因为需要易于在任何方向上变形，材料需要具有弹性和柔软性，所以柔性压力传感器的基材通常会选择如硅胶、聚氨酯（PU）、氟化橡胶和热塑性弹性体等弹性体[11-20]。在某些情况下，这些弹性体基材可通过购买商业化薄膜或预聚合物套组（如硅胶）获得，这些预聚合物套组可先作为液体进行浇筑，然后热固化。特别是有机硅，易于加工，并可获得各种机械性能，非

收稿日期：2021-05-24
基金项目：广西自然科学基金（2017GXNSFGA198005）；广东自然科学基金（2019A1515010796）
通信作者：曾若生（1977－），男，教授，博士，研究方向为钙钛矿发光材料及应用。E-mail：zengrsh@guet.edu.cn
引文格式：王梅岚，李森，常煜，等. 基于离电压力传感机理的功能橡胶材料的制备与表征[J]. 桂林电子科技大学学报，2022，42(4)：279-283.